

Jacek SPAŁEK

OGÓLNE KRYTERIA DOBORU I STOSOWANIA ŚRODKÓW SMARNYCH W MASZYNACH GÓRNICZYCH

Streszczenie. W artykule scharakteryzowano aktualną strukturę środków smarnych stosowanych w górnictwie węgla kamiennego. Wykazano, że istnieje rozbieżność stosowania materiałów smarnych w kopalniach na tle zasady odpowiedniości dla tzw. grup maszyn jednorodnych. Sformułowano i omówiono podstawowe kryteria racjonalnego doboru środków smarnych z punktu widzenia niezawodności, trwałości, sprawności stanu termicznego i wibroakustycznego oraz ekonomiczności procesu użytkowania maszyn i urządzeń górniczych.

GENERAL CRITERIA OF THE LUBRICANTS SELECTION AND APPLICATION FOR MINING EQUIPMENT

Summary. A survey of currently used lubricants in coal mining industry is presented in this paper. It was revealed that there is divergence in lubricants application in various coal mines on the ground of the certain group of equipment liability. The basic criteria of a sensible selection of lubricants from the point of view of reliability, durability, efficiency and economic parameters of maintenance processes for mining machines and equipment was presented.

ОБЩИЕ КРИТЕРИИ ПОДБОРА И ПРИМЕНЕНИЯ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ГОРНЫХ МАШИН

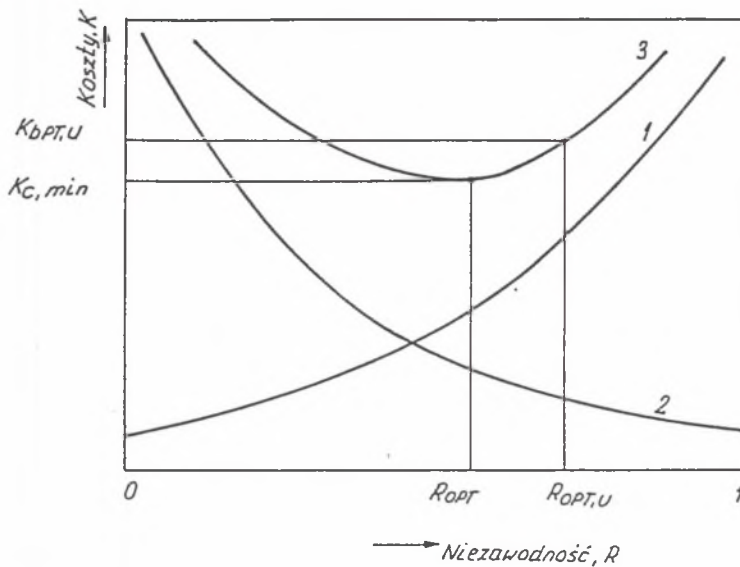
Резюме. В статье представлено структуры смазочных материалов, применяемых в горной промышленности. Установлено неадекватность количества применяемых смазочных материалов используемым группам горных машин. Представлено главные критерии рационального побора смазки.

1. WPROWADZENIE

Właściwe podejście do zagadnień racjonalizacji eksploatacji maszyn górniczych wymaga szczególnie wnikliwego potraktowania problematyki techniki smarowniczej. Stan tej techniki posiada bardzo istotny wpływ na niezawodność, trwałość i sprawność maszyn tworzących system technologiczny kopalni, a to z kolei wiąże się w efekcie z kosztem własnym wydobywanej kopaliny. Obserwacje obiektów technicznych wskazują, że istnieje związek pomiędzy niezawodnością a kosztami eksploatacji (rys.1).

Z rysunku 1 wynika, że aby uzyskać niskie koszty użytkowania (2) obiektu technicznego, należy dążyć do wysokiej niezawodności ($R > R_{OPT}$). Wiąże się to ze wzrostem kosztu realizacji (1). Jeśli jednak zapewnimy, że $K_{OPT,u} - K_{Cmin} \leq \delta$ (gdzie: δ - możliwa do zaakceptowania różnica kosztu całkowitego od optymalnego, np. $\delta = 0,1 K_{min}$), wówczas przyjęcie strategii niskich kosztów użytkowania będzie uzasadnione. Świadome bowiem zapewnienie wyższej niezawodności i poniesienie z tym związanego zwiększonego kosztu realizacji obiektu technicznego nie tylko gwarantuje obniżenie kosztu użytkowania, ale z większym prawdopodobieństwem eliminuje stany awaryjne maszyn, mogące spowodować znaczne straty techniczne i ekonomiczne.

Z analizy ilości zużytkowanych w kopalniach w ciągu roku środków smarnych (p.rozdz.2) wynika, że na jedną tonę wydobytego urobku przypada zużycie około



Rys. 1. Zależność pomiędzy kosztami realizacji (1), użytkowania (2) i kosztem całkowitym (3) a niezawodnością

Fig. 1. The dependence between realization costs (1), usage costs (2), total cost (3) and reliability

0,1 kg środków smarnych. Przy obecnej cenie przemysłowych środków smarnych od 10.000 do 20.000 zł/kg powoduje to względne obciążenie kosztu własnego jednej tony wydobytego węgla poniżej 0,25%.

Jeśli nawet przyjąć, że koszty dystrybucji środków smarnych powodują wzrost względny nakładów do 0,5% kosztu własnego tony węgla, to i tak wskaźnik ten należy uznać jako niski. Gdyby zatem zastosować środek smarny dwukrotnie droższy, co wpłynie na wzrost kosztu realizacji (na rys. 1 poruszamy się po krzywej 1 w prawo), to jednak uzyskany wzrost niezawodności spowoduje istotny spadek kosztu eksploatacji. A zatem ekonomiczny problem doboru środków smarnych do maszyn i urządzeń eksploatowanych w kopalni jest zagadnieniem optymalizacji w zakresie kosztów realizacji (kosztów zakupu maszyn i urządzeń) i kosztów użytkowania.

W samej zaś istocie wiąże się to z przyjęciem strategii poszukiwania optymalnego poziomu niezawodności, dającego obniżenie kosztu całkowitego związanego z mechanizacją systemu technologicznego kopalni.

2. STRUKTURA STOSOWANYCH ŚRODKÓW SMARNYCH A TECHNICZNE WYPOSAŻENIE KOPALNI

Skala i struktura stosowanych w kopalniach węgla kamiennego środków smarnych jest dość znacznie zróżnicowana. W celu scharakteryzowania skali używanych środków smarnych i hydraulicznych w kopalniach można przyjąć wskaźnik $W_{z,s}$, określane jako:

$$W_{z,s} = \frac{m}{Q}, \quad (1)$$

gdzie:

m - ilość zużytych środków smarnych w kopalni w danym roku (kg),

Q - wielkość wydobycia rocznego kopalni (w 1000 ton).

Wskaźnik ten daje nam pogląd co do skali zużycia środków smarnych; rozpatrywany w latach zawiera informacje o tzw. "obciążeniu" kosztu własnego tony węgla kosztami zużywanych substancji smarnych i hydraulicznych. Z uwagi na dość znaczne podobieństwo technologiczne polskich kopalń jego wartość oscyluje obecnie wokół wartości 100 kg smaru/1000 ton wydobytego węgla. Natomiast dość znaczne zróżnicowanie występuje w poszczególnych grupach zużywanych środków smarnych (tabl. 2) i nie posiada prostego związku ze strukturą stosowanych maszyn i urządzeń w danej kopalni (tabl. 1).

Tablica 1

Zestawienie ważniejszych grup maszyn i urządzeń dołowych dla trzech wybranych kopalń Zagłębia Górnośląskiego (stan w 1991r.)

Lp.	Grupa maszyn	Ilość maszyn (urządzeń)		
		„Powstańców Śląskich”	„Murcki”	„Kleofas”
1.	Kombajny ścianowe	10	10	18
2.	Kombajny chodnikowe	8	10	6
3.	Obudowa zmechanizowana (sekcje różnych typów)	1562	1499	1546
4.	Przeñośniki zgrzeblowe ścianowe i podścianowe	56	92	101
5.	Przeñośniki taśmowe	67	138	95
	Wydobycie (w 1991r. w mln t.)	2,272	2,507	2,070

Porównanie tablic 1 i 2 wskazuje, że w technologicznie podobnych kopalniach (zblizone wydobycie i rodzaje stosowanych maszyn) występują różnice w zakresie rodzajów oraz skal stosowanych środków smarnych i hydraulicznych.

Interesujące jest spostrzeżenie, że w ciągu ostatnich 15 lat [1] nie nastąpiły istotniejsze zmiany w wartościach tego wskaźnika. Wyraźnie natomiast zmieniły się udziały poszczególnych grup środków smarnych; nastąpił wielokrotny wzrost zużycia olejów hydraulicznych oraz olejów emulgujących, stanowiących bazę do sporządzania hydraulicznych emulsji olejno-wodnych. Wiąże się to z szerokim wprowadzeniem zmechanizowanej obudowy ścianowej sterowanej hydraulicznie.

Zaobserwowane fakty statystyczne skłaniają do szczegółowego rozpatrzenia tego problemu, zwłaszcza w zakresie adekwatności stosowanych maszyn i urządzeń w kopalni oraz struktury środków smarnych.

Tablica 2

Struktura zużycia środków smarnych w 1991r. w trzech wybranych kopalniach
Zagłębia Gómośląskiego

Lp.	Grupa środków smarnych (oleje, smary plastyczne - główne rodzaje	Zużycie w poszczególnych grupach Z [kg] i udział [%]					
		„Powstańców Śląskich”		„Murcki”		„Kleofas”	
1.	Oleje maszynowe (AN 46, AN 68)	4221	1,6	57719	29,2	3453	2,1
2.	Oleje hydrauliczne (Hydrol HL 68, HL 100)	180365	65,6	79516	40,2	27585	16,8
3.	Oleje przekładniowe (Transol VG 100, VG 150, VG 220, Hipol 15)	8962	3,2	38353	19,4	11332	6,9
4.	Oleje silnikowe (Lux 8, Selektol SAE 20W/40)	65742	23,6	2996	1,5	70552	42,9
5.	Oleje sprężarkowe (SD 6, SD 10)	3440	1,3	9783	4,9	5868	3,6
6.	Inne oleje przemysłowe (olej cylindrowy, olej osiowy)	-	-	-	-	32360	19,8
7.	Smary plastyczne (ŁT, Aliten)	12205	4,5	11449	4,8	12962	7,9
Wskaźnik zużycia (kg/1000 t)		121,1		79,0		79,3	
8.	Olej emulgujący (Emulkop S)	236,60		218,30		170,01	
Wskaźnik zużycia oleju emulgującego (kg/1000 t)		104,1		87,5		82,1	

Aktualnie w technice eksploatacyjnej maszyn w górnictwie podziemnym wyróżnia się w sposób wyraźny dwa zagadnienia:

- dobór i stosowanie cieczy hydraulicznych do układów hydrauliki siłowej i sterowania w obudowach zmechanizowanych,
- dobór i stosowanie środków smarnych w maszynach górniczych, a w tym olejów do hydrauliki siłowej tych maszyn (poza obudowami zmechanizowanymi).

Postawione w początku lat 70. zadanie eliminacji ze stosowania w podziemiach kopalń palnych substancji smarowych i hydraulicznych zostało dotychczas zrealizowane w zakresie cieczy roboczych w hydraulice obudów zmechanizowanych. Powszechnie stosowanym medium jest tu trudno palna emulsja olejowo-wodna, ciecz typu HFAE, uzyskana z oleju emulgującego EMULKOP, a ostatnio EMULKOP "S".

Skala ilościowa stosowanych olejów emulgujących (ok.50% w całości zapotrzebowania kopalń na oleje) skłania do poszukiwania koncentratów do sporządzania emulsji o małej zawartości oleju w wodzie. Stąd ostatnie wdrożenie EMULKOPU "S", a także prace nad cieczami typu HFAS, stanowiącymi wodne roztwory substancji chemicznych, organicznych i nieorganicznych [2]. Zagadnienie to w szczególności należy uznać za uporządkowane w aspekcie obecnych i prognozowanych na najbliższe lata rozwiązań konstrukcyjnych obudów zmechanizowanych, których parametry zostały już dość ściśle dobrane do warunków geologicznych polskich zagłębi węglowych.

Bardziej skomplikowanym zagadnieniem jest dobór i stosowanie olejów smarnych. Przechodząc obecnie na strategię przodków wydobywczych o dużej koncentracji wydobywania kilkakrotnie rosną moce maszyn urabiających oraz przenośników ścianowych. Moc silników kombajnu węglowego oraz napędów przenośnika ścianowego sięga w tych przodkach poziomu 1 MW. Powoduje to również wielokrotny wzrost stopnia wyciążenia zespołów tych maszyn zarówno pod względem naprężeniowym, jak i termicznym [3].

Oleje stosowane w tych przypadkach w układach napędowych, a zwłaszcza w przekładniach zębatych, zarówno kombajnów jak i przenośników zgrzebłowych, muszą charakteryzować się wysokimi wskaźnikami tribologicznymi oraz dużą stabilnością termiczną. Generalnie jednak musi być zachowana wysoka jakość procesu smarowania, na którą składa się: odpowiedni dobór środka smarnego, zachowanie jego wysokiej czystości oraz zapewnienie jego systematycznego uzupełniania i wymiany. Wymaga to opracowania odpowiedniego systemu diagnostycznego nadzoru (monitoringu) oraz technicznego zabezpieczenia działań profilaktycznych.

W szczególności zaś:

- klasyczny dobór środków smarnych do maszyn górniczych musi dodatkowo uwzględniać specyficzne warunki wymuszeń eksploatacyjnych,
- w badaniach i prognozowaniu trwałości węzłów tribologicznych tych maszyn musi być uwzględnione zagrożenie jakości smarowania w postaci formuł bądź odpowiednich współczynników warunków pracy.

3. OGÓLNE ZASADY DOBORU ŚRODKÓW SMARNYCH

Procedura doboru środków smarnych jest zagadnieniem z dziedziny optymalizacji wielokryterialnej. Oznacza to, że wiele kryteriów, często przeciwstawnych, wpływa na ostateczny wybór środka smarnego. Kryteria te (in. warunki) formułowane mogą być na różnych poziomach, od bardzo ogólnego aż do bardzo szczegółowego.

Na poziomie ogólnym kryteriami podstawowymi są:

- niezawodność i trwałość,
- sprawność,
- stan termiczny,
- stan wibroakustyczny.

Niezawodność definiowana jest jako prawdopodobieństwo poprawnej pracy maszyny (tzn. pracy bez stanów awaryjnych) w założonych warunkach, zwanych wymuszeniami eksploatacyjnymi oraz w przyjętym okresie czasu stanowi kryterium główne. Wysoka niezawodność wiąże się bowiem z niskimi kosztami ponoszonymi w fazie eksploatacji (p.rys.1). Z przytoczonej definicji wynika, że niezawodność jest kategorią probabilistyczną; ilościowo określają ją liczby z przedziału $[0;1]$. Jeśli niezawodność $R=1$ - mówimy, że maszyna jest bezawaryjna (idealnie niezawodna), natomiast gdy $R=0$ - oznacza, że maszyna jest niezdolna do wykonywania swojej funkcji (jest całkowicie zawodna).

Matematyczny opis niezawodności opiera się na prawach rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej. Istota polega na przyjęciu określonej funkcji rozkładu i wyznaczeniu parametrów tego rozkładu, jakimi są przede wszystkim: wartość średnia np. czasu użytkowania oraz odchylenie od wartości średniej (wariancja).

Z uwagi na to, że pełny opis niezawodności jest procesem bardzo złożonym i obszernym, dla potrzeb analizy pomocniczej przyjmuje się często prosty wskaźnik niezawodności, określany jako współczynnik gotowości maszyny (urządzenia).

Współczynnik gotowości K_G definiowany jest zazwyczaj jako:

$$K_G = \frac{T_U}{T_U + T_N} \quad (2)$$

lub w innej wygodniejszej do interpretacji postaci:

$$K_G = \frac{1}{1 + \frac{T_N}{T_U}}, \quad (3)$$

gdzie:

T_U - średni czas użytkowania wyznaczony dla przyjętej funkcji rozkładu (teoretycznie) lub określony w badaniach statystycznych (doświadczalnie),

T_N - średni czas usuwania awarii (naprawy), wyznaczony jak T_U teoretycznie lub doświadczalnie.

Analizując postać wzoru (3) wnioskujemy, że wysokiego współczynnika gotowości (wysokiej niezawodności) możemy oczekiwać, gdy:

$$T_N \ll T_U ,$$

tn. gdy czas naprawy jest pomijalnie mały w porównaniu z czasem użytkowania.

Występujące we wzorach (2) i (3) czasy użytkowania i naprawy mówią o okresach zdatności i niezdatności maszyny do pracy, które w przeważającej części wynikają z utraty trwałości. Zatem drugim niejako zamiennym kryterium względem niezawodności jest kryterium trwałości.

Trwałością elementu (węzła konstrukcyjnego) maszyny nazywamy czas zachowania przez ten element istotnej cechy użytkowej w granicach nie przekraczających stanu dopuszczalnego. Cechami tymi będą zazwyczaj własności mechaniczne, takie jak: wytrzymałość doraźna, zmęczeniowa itp. ale także wystąpienie nadmiernego zużycia, odkształcenia trwałego, luzu itp.

W odróżnieniu od niezawodności ilościowy wskaźnik trwałości jest liczbą mianowaną, wyrażającą wprost (np. w godzinach) lub pośrednio (liczba cykli, obrotów) czas pracy danego elementu aż do wystąpienia jego zniszczenia fizycznego.

Typowym graficznym obrazem zależności stanu granicznego od czasu trwania obciążenia zmiennego jest znana krzywa zmęczenia Wöhlera oraz krzywa trwałości łożysk tocznych, wyrażona przez znane prawo Palmgren-Minera w postaci:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{F_z} \right)^q, \quad (4)$$

gdzie:

- L_{10} - trwałość nominalna łożyska tocznego określona z prawdopodobieństwem jej zachowania $p = 0,9$,
- C - nośność ruchowa łożyska (kN),
- F_z - obciążenie zastępcze łożyska (kN),
- q - wykładnik; wartość jego zależy od rodzaju łożyska:
 - * dla łożysk kulkowych $q = 3$
 - * dla łożysk wałeczkowych $q = 10/3$.

Sprawność jest kryterium oceny jakości pracy węzła konstrukcyjnego lub maszyny. Kryterium to z jednej strony mówi nam o osiągniętej skuteczności rozwiązania technicznego, a z drugiej strony ma bezpośredni związek z ekonomicznością procesu użytkowania. W specyficznych warunkach, jak np. w przypadku maszyn górniczych sprawność maszyn w wyrobisku będzie również kryterium oceny wpływu na temperaturę otoczenia. Sprawność definiowana jest zwykle jako:

$$\eta = \frac{L_U}{L_D} = \frac{L_D - L_S}{L_D} = 1 - \frac{L_S}{L_D}, \quad (5)$$

bądź w postaci:

$$\eta = \frac{P_U}{P_D} = \frac{P_D - P_S}{P_D} = 1 - \frac{P_S}{P_D}, \quad (6)$$

gdzie:

- L_U, P_U - praca, moc uzyskana (użyteczna),
- L_D, P_D - praca, moc doprowadzona do układu (włożona),
- L_S, P_S - praca, moc stracona (rozproszona, straty).

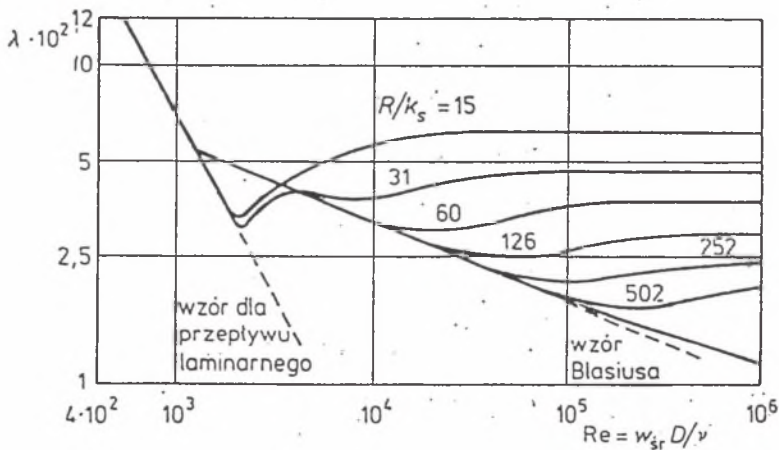
Podobnie jak niezawodność tak i sprawność jest wyrażona liczbą niemianowaną z przedziału $[0,1]$; są więc kryteriami bezwymiarowymi i mogą wprost stanowić tzw. liczby podobieństwa. W szczególności kryterium sprawności będzie podstawą oceny jakości procesu smarowania, a zwłaszcza w aspekcie strat wynikających z przetłaczania i mieszania oleju. Wiadomo bowiem, że opory przepływu (straty) zależą od liczby Reynoldsa określonej jako:

$$R_e = \frac{v \cdot D}{\nu} \quad (7)$$

gdzie:

- v - prędkość przepływu ($m \cdot s^{-1}$),
- D - średnica hydrauliczna (m),
- ν - lepkość kinematyczna cieczy ($mm^2/s = cSt$).

Opory przepływu zdefiniowane współczynnikiem strat λ zależą od liczby Reynoldsa (maleją ze wzrostem tej liczby). Na rys.2 przedstawiono przykładowo zależność współczynnika strat λ od liczby Reynoldsa dla różnych wartości względnej chropowatości rury $\left(\frac{k}{D/2}\right)$.



Rys. 2. Zależność strat przepływu cieczy w zależności od liczby Reynoldsa
Fig. 2. The dependence of the losses of liquid flow on the Reynolds number

Dla ruchu wirującej kuli w cieczy można przyjąć, że współczynnik oporu (współczynnik momentu potrzebnego do otrzymania stałej prędkości kątowej) pozostaje w następujących relacjach z liczbą Reynoldsa:

- a) dla przepływów pełzających (mała wartość Re) $\lambda_M \sim Re^{-1}$,
- b) dla przepływu laminarnego w warstwie przyściennej $\lambda_M \sim Re^{-1/2}$,
- c) dla przepływu burzliwego $\lambda_M \sim Re^{-1/5}$.

Z analizy powyższego wynika, że dobór środka smarnego winien uwzględnić nie tylko kryterium uzyskania i zachowania tarcia płynnego w węzłach tarcia ale również straty hydrauliczne wskutek mieszania i przetłaczania oleju. Analiza w tym przypadku musi być szczegółowo przeprowadzona, gdyż z uwagi na warunek tarcia płynnego pożądana jest wyższa lepkość, a ze względu na opory hydrauliczne lepkość winna być względnie niska. Obniżenie bowiem sprawności wskutek przyjęcia oleju o wyższej lepkości spowoduje wzrost jego temperatury, a ta powoduje z kolei znaczny spadek współczynnika lepkości.

Kryterium stanu termicznego stanowi niejako rozwinięcie warunku sprawności. Ze sprawności wynika bowiem problem generowanego ciepła w maszynie. Stan termiczny maszyny zależy natomiast zarówno od ilości generowanego ciepła, jak również od warunków jego rozproszenia przez układ bądź poza układem (warunki chłodzenia).

Zatem kryterium stanu termicznego będzie niejako rozstrzygać:

- o prawidłowości doboru środka smarującego,
 - o poprawności postaci konstrukcyjnej układu smarująco - chłodzącego.
- Ponadto stan termiczny w dużym stopniu określa trwałość środka smarnego, czyli intensywność degradacji jego własności użytkowych, a także może stanowić istotny symptom diagnostyczny, informujący o stanie eksploatacyjnym maszyny bądź lokalnie - konkretnego węzła tarcioowego.

Miarą stanu termicznego węzła tarcia będzie temperatura (w °C czy K), która wynika z warunków rozproszenia ciepła. W termodynamice przyjmuje się trzy zasadnicze sposoby rozproszenia ciepła powstającego w danym źródle, a mianowicie przez:

- przewodzenie,
- unoszenie (czyli konwekcję),
- promieniowanie.

Efektywność chłodzenia węzła tarcia zależy od efektywności wykorzystania poszczególnych sposobów rozproszenia ciepła. Ponieważ zastosowanie smaru plastycznego wiąże się z ograniczeniem wymiany ciepła tylko do przewodzenia i promieniowania (wymiana przez unoszenie jest pomijalnie mała), dlatego należy

pamiętać o zasadzie wyrażonej w sposób następujący: we wszystkich technicznie możliwych przypadkach do smarowania należy stosować olej; smar plastyczny należy stosować tylko w tych przypadkach, gdzie stosowanie oleju jest technicznie i ekonomicznie nieuzasadnione.

Należy pamiętać, że rosnące moce jednostkowe maszyn górniczych i związany z tym wzrost wyężenia termicznego (strumień ciepłny przypadający na jednostkę masy maszyny) powoduje, iż jednym z rozstrzygających kryteriów przydatności eksploatacyjnej staje się kryterium stanu termicznego.

Stan wibroakustyczny jest związany ze stopniem dynamiczności ruchu maszyny, a ta w znacznym stopniu zależy od warunków generowania drgań w węzłach tarciovych, głównie takich jak: zazębiecie, łożyskowanie, hamulce i sprzęgła cierne.

Stopień dynamiczności ruchu maszyny wyrażony jest często poprzez iloraz dowolnego obciążenia dynamicznego do obciążenia odniesienia. Można go również zdefiniować jako iloraz amplitud przyspieszeń określonych dla dwu przypadków pomiarowych, a mianowicie:

$$K_d = \frac{Q_{i+1}}{Q_i} , \quad (8)$$

gdzie:

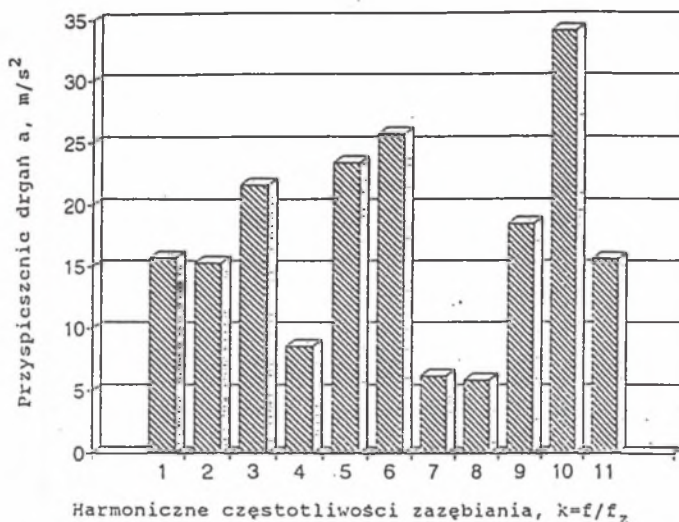
- K - współczynnik dynamiczności,
- Q_{i+1}, Q_i - amplitudy przyspieszeń określone dla dwu widm wibroakustycznych rejestrowanych np. dla dwu przypadków smarowania.

Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono przykładowe, uzyskane w badaniach własnych, widma dyskretne przyspieszeń drgań jako funkcja częstotliwości wymuszeń, zarejestrowane w początkowej fazie pracy badanej przekładni walcowej jednostopniowej ($m = 3\text{mm}$, $z_1 = 35$, $z_2 = 36$) dla dwu przypadków smarowania [4]:

rys.3 - smarowanie olejem przekładniowym Transol VG 220,

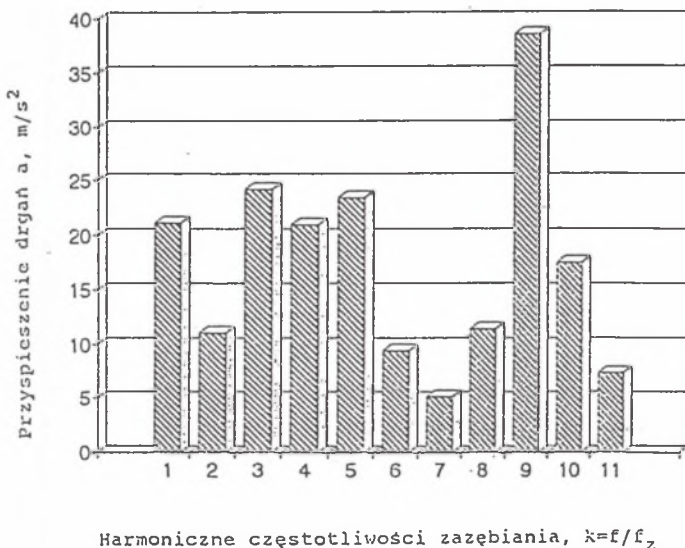
rys.4 - smarowanie olejem przekładniowym Transol VG 220 + 5% dodatek poślizgowy "Metalon M".

Z rysunków wynika, że mimo podobieństwa przebiegów wprowadzenie dodatku poślizgowego "Metalon M" (w badaniach przeprowadzonych na tribometrze "Amsler" stwierdzono, że dodatek ten zmniejsza moment tarcia około 2-krotnie) powoduje zmniejszenie przyspieszenia skutecznego drgań o około 8%, a wartość przyspieszeń dla 1 harmonicznej ulega obniżeniu w stosunku 15:21, tj. o około 40%. Zagadnienie wpływu warunków smarowania na generowanie drgań jest dotychczas zbadane w małym stopniu. Ciekawe informacje w tym zakresie można znaleźć w [5].



Rys. 3. Zależność przyspieszenia drgań od częstotliwości dla przypadku smarowania olejem przekładniowym Transol VG 220

Fig. 3. The dependence of vibration's acceleration on the relative frequency for the gear lubricated with TRANSOL VG 220



Rys. 4. Zależność przyspieszenia drgań od względnej częstotliwości dla przypadku smarowania olejem przekładniowym Transol VG 220 z 5% dodatkiem poślizgowym „Metalon M”

Fig. 4. The dependence of vibration's acceleration on the relative frequency for the gear lubricated with TRANSOL VG 220 with 5% slide addition METALON M lubrication

LITERATURA

- [1] Spalek J.: Analiza gospodarki smarowniczej w górnictwie węgla kamiennego. ZN Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo, z.93, Gliwice 1978
- [2] Sikora W., Major M.: Wysoko wydajny, zmechanizowany kompleks ścianowy o projektowanym wydobytcu 6-8 tys. ton na dobę w KWK "STASZIC". Wiadomości Górnice, 1991 nr 10
- [3] Wachowicz J.: Ocena przydatności cieczy hydraulicznych do obudów zmechanizowanych. Przegląd Górnicy, 1992 nr 12
- [4] Spalek J., Fober S.: Badania drgań jednostopniowej, walcowej przekładni zębatej na stanowisku mocy krążącej. Materiały II Konferencji "Trwałość elementów i węzłów konstrukcyjnych maszyn górnictwowych" Politechnika Śląska, Gliwice-Rudy, listopad 1993
- [5] Skoć A.: Einfluss der Getriebebeschmierung auf die dynamische Zahnbelastung der Kegelräder. Tribologie und Schmierungstechnik (37) 1990 nr 4

Recenzent: Prof.dr hab.inż. Karol REICH

Wpłynęło do Redakcji w sierpniu 1994 r.

Abstract

A selection problem of lubricants for mining equipment it is the multiple criteriae optimalization problem. The optimalization is based on the criteriae dealing with the technical and economical evaluation of the maintainance process of machine systems.

This paper contains an analysis of current structure of the lubricant' selection in several coal mines. It was revealed that there is divergence in the lubricants application in various coal mines. This divergence has no justification in actual mining equipment structure.

In main part of the paper the general criteriae of the lubricants selection were presented. The criteriae are concerned with reliability, durability, efficiency, temperature and vibratory conditions of the machines and equipment. It was indicated that the criteriae are influencing essentially the expense of the maintenance processes of the equipment in coal mines.